

广西合山地区合山组沉积相带和沉积模式

张鹏飞 邵龙义

(中国矿业大学北京研究生部)

提要 陆表海碳酸盐岩型含煤岩系是我国含煤岩系的一个重要类型,以广西晚二叠世合山组为代表。文中对该煤系中的碳酸盐岩进行了详细的微相分析,认为合山组沉积时期合山地区为温暖潮湿气候下的浅水环境,提出了包括浅海盆地、生物礁、开阔台地、潮坪和泥炭坪在内的陆表海碳酸盐台地沉积模式,并指出合山组碳酸盐台地边缘是以生物礁为代表的缓坡,最后对合山组的旋回层序进行分析,认为合山组沉积过程中,地壳沉降作用和海平面变化起了主导作用。

主题词 含煤岩系 碳酸盐岩 台地 缓坡 晚二叠世 广西合山

第一作者简介 张鹏飞 男 67岁 教授 沉积学

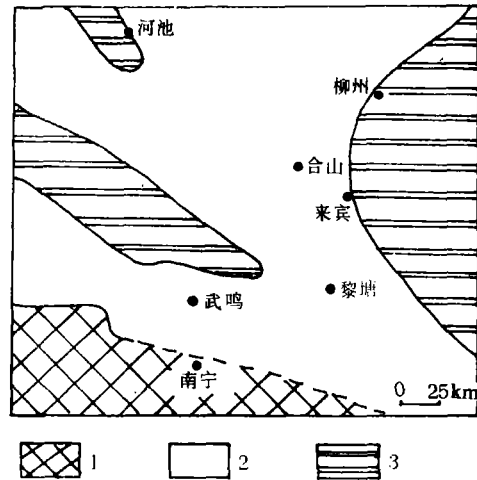
众所周知,桂中合山地区晚二叠世合山组是典型的海相碳酸盐岩型含煤岩系,长期以来为广大的地质学者所关注。近年来,笔者对合山马滩,鹅滩等地的合山组剖面做了较详细的分析*,着重对碳酸盐岩微相和相带进行研究,并对合山组沉积模式和沉积环境因素进行了讨论。

一、地质背景

受加里东基底构造的控制,广西晚古生代各时代地层的岩性、厚度在平面上表现出基本一致的展布方位。桂中上二叠统的岩性岩相在海西期东吴运动的进一步影响下,也显示出明显的区域性分异,最为典型的是合山组的较深水的硅质岩和砂页岩与浅水的碳酸盐岩和煤在横向上相间分布(图1)。在深水硅质岩和砂页岩分布区,如来宾县以东地区,合山组与下伏孤峰组呈整合接触,并且不含煤或仅见煤线。在碳酸盐岩和煤分布的地区,合山组与下伏茅口组呈假整合接触,并且含有多层可采煤层,合山组本身也表现出典型的旋回特征。

在上述背景下形成的合山组沉积序列在合山市马滩、鹅滩一带发育完整(图2),合山组与下伏茅口组生物碎屑石灰岩呈假整合接触,二者之间有以铝土质泥岩为代表的古风化面存在。合山组的上覆地层为大隆组,它是以火山碎屑岩为主的深水沉积(晋慧娟等,1987)。这个序列中含煤四层,从上到下依次编号为二、三、四、五煤层,其中三煤和四煤是本区两个主要可采煤层,煤层结构复杂,高灰、高硫,其顶底板常直接为石灰岩和燧石岩。碳酸盐岩在这个序列中约占90%以上,是本文的主要研究对象。

* 王绍焯等(1984),桂中构造体系对煤系沉积分布的控制作用及煤田预测。



1、古陆 2、浅水碳酸盐岩和煤 3、深水硅质岩和硅质泥岩
图1 桂中晚二叠世合山组岩相古地理略图(据王绍焯等,1984)

Fig.1 Sketch showing lithofacies paleogeography of Heshan Formation Late Permian in Central Guangxi

二、沉积相带及微相特征

合山组碳酸盐岩以石灰岩为主,含有包括裸松藻类、粗枝藻类、有孔虫、海绵、苔藓虫、珊瑚、腕足、腹足、瓣鳃、介形虫、三叶虫、棘皮类、管状藻以及钙球等门类生物在内的丰富的化石和化石碎片。由于这些生物颗粒的种类、完整程度及数量等在碳酸盐岩中有变化,所以合山组碳酸盐岩又有灰泥岩、颗粒质泥岩、泥质颗粒岩以及生物联结岩(Boundstone)等一系列的结构类型。合山组沉积相带主要有浅海盆地、生物礁、开阔台地及潮坪等。现将其沉积特征论述如下(图3)。

(一) 浅海盆地相

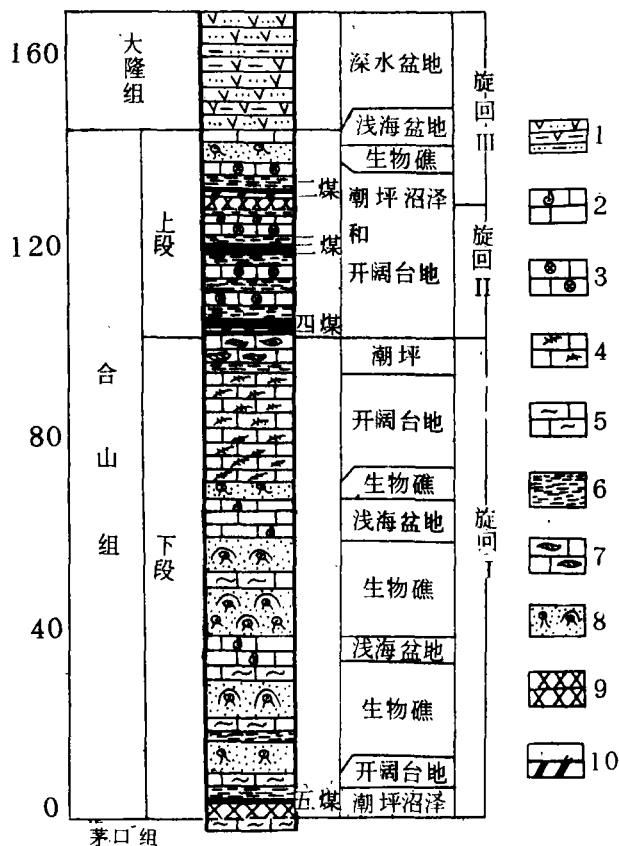
该相带地理位置位于台地边缘向海一侧,水循环良好,盐度正常,深度处于正常浪基面以下,水体能量较低,只有间歇性风暴流能够影响到底部沉积物。岩石结构类型以灰泥支撑的颗粒质泥岩和灰泥岩为主,颗粒含量一般小于20%,岩石的颜色为深灰色,呈薄到中厚层状产出,分层厚度10到20厘米,分布范围广且厚度稳定。生物组合以狭盐性生物为主,常见有腕足、海百合、单体珊瑚、苔藓虫和海绵等,生物多保存完整,生物扰动构造比较发育。生物特征和沉积构造特征说明该相带仍处于喜氧环境。该相带可见以下几种微相:

(1) 含完整生物化石的灰泥岩和颗粒质泥岩(图版I-1);

(2) 具生物扰动构造的颗粒质泥质;

(3) 生物碎屑泥质颗粒岩(风暴岩),包括a)瓣鳃碎屑泥质颗粒岩(图版I-2); b)棒状海绵碎屑泥质颗粒岩; c)凝灰质海百合碎屑泥质颗粒岩。

微相(1)和(2)是正常的浅海盆地沉积,微相(3)是几种风暴沉积,说明当时有间歇性的风暴活动。该相带与下述浅水的开阔台地相带的区别在于颗粒含量少,以狭盐性生物为主,且多保存完整,不含或少含底栖有孔虫和藻类。浅海盆地相主要存在于合山组下段中部和上段顶部。



1.凝灰质砂岩 2.含完整生物化石的颗粒质泥岩和灰泥岩 3.球蜓-生物泥质颗粒岩 4.藻屑泥质颗粒岩 5.屑泥质颗粒岩
6.纹层状藻屑泥质颗粒岩 7.泥卷形内碎屑粗砾岩 8.海绵障积-粘结岩 9.铝土质泥岩 10.煤层和炭质泥岩

图 2 合山地区马滩、鹅滩一带上二叠统岩性及沉积相柱状图

Fig.2 Columnar section showing lithologies and facies of Upper Permian in Matan-Etan region, Central Guangxi

(二) 台地边缘生物礁相

生物礁发育于台地边缘地区, 深度位于正常浪基面以上, 有中等到稍强的波浪活动, 水循环良好, 盐度正常, 岩石结构类型为生物联结岩 (Boundstone), 碳酸盐岩微相有二叠钙藻障积岩。海绵障积岩、海绵障积-粘结岩。造礁生物以海绵占优势, 其次为二叠钙藻, 管状藻 (*Tubiphytes*)、海百合、苔藓虫及珊瑚等, 附礁生物有裸松藻类、粗枝藻类、有孔虫、介形虫、腕足、瓣鳃及腹足等。造礁生物含量 20—50%, 生物颗粒总含量约 60—70%。在野外可看出生物礁由一系列透镜状小礁体叠置而成 (图版-3), 叠置而成的礁体呈丘状突起, 在合山组下段中下部及上段上部断续出现, 生物礁的存在对合山组沉积时期的相带展布无疑有一定的控制作用。关于桂中合山组的生物礁已有另文叙述 (张鹏飞等, 1987) 这里不再赘述。

(三) 开阔台地相

该相带的地理位置位于台地边缘后侧, 水深在平均低潮面以下, 浪基面以上, 一般仅几米深, 盐度正常或稍有变化, 水循环中等, 水流能量低到中等。岩石结构类型以泥质颗粒岩为主, 颗粒含量 65—80%, 颗粒组分以生物碎屑为主, 常见有裸松藻类、粗枝藻类、有孔

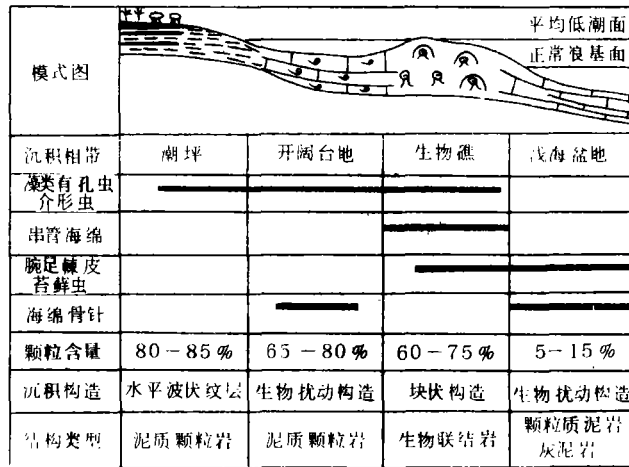


图3 合山组沉积模式及各相带沉积特征

Fig.3 Depositional model and sedimentary features of each facies belt for Heshan Formation in Central Guangxi

虫、蜓、腹足、瓣鳃及介形虫等，此外，在有些岩石中粪球粒也比较常见。在野外，岩石颜色为浅灰色或灰色，呈厚到巨厚层状产出。生物扰动中等到强烈，主要表现为镜下见到的生物碎屑杂乱排列和不均匀分布，野外看到的生物扰动形成的痕斑结构以及形态清晰的痕迹化石等。该相带可见到以下几种类型的微相：

- (1) 含粪球粒的藻屑泥质颗粒岩 (图版 I-4)；
- (2) 有孔虫-生物碎屑泥质颗粒岩 (图版 I-5)；
- (3) 球蜓-生物泥质颗粒岩；
- (4) 痕斑状生物扰动的含生物残余晶粒石灰岩和白云质灰岩 (图版 I-6)。

(四) 潮间相 (潮坪相)

该相带位于平均高潮面和平均低潮面之间，潮间带上部暴露的时间比较多，而潮间带下部被覆盖的时间比较多，潮汐主要集中于潮间带下部，潮间带因受大气影响而盐度多变。

潮间带下部：经常被海水淹没，潮汐能量较强，显示潮汐水流作用的水平-波状纹层比较普遍，偶而也见到一些石香肠状干裂，片状内碎屑以及局部的冲刷面。岩石类型除石灰岩外，还有薄到中厚层状燧石岩。石灰岩结构类型以泥质颗粒岩为主，生物颗粒多为经过搬运的裸松藻碎片，其次为假蠕孔藻、有孔虫、介形虫及较体动物碎片等。有孔虫以玻纤结构的厚壁虫、巴东虫、节房虫等以及被有机质浸染成褐色的球旋虫。水平波状纹层就是由这些长条形生物碎屑平行层面密集排列而成，反映了较强的水流活动，岩石中陆源泥质和侵染状有机质比较多。在野外，岩石多呈薄到中厚层状产出，颜色为褐灰色。生物扰动构造不发育，因而层理得以保存，这主要与环境条件不适于掘穴生物生长有关。潮间带下部典型的碳酸盐岩微相是纹层状藻屑泥质颗粒岩 (图 I-7)。

除石灰岩，煤层顶底板常见薄到中厚层状燧石岩，含有大量蓝绿藻化石的胶鞘、单轴双射硅质海绵骨针及硅化生物碎屑，并发育有透镜状层理。这些燧石岩也形成于潮间带下部。

潮间带上部：由于经常暴露于大气中，易于形成干裂，研究区合山组下段顶部接近四煤处常见到泥卷形碎屑就是干裂经风暴潮或正常潮汐水流冲刷而成，伴生的还有大量单体珊瑚

碎屑, 代表性微相是泥卷形内碎屑粗砾岩(图 1-8)。这种岩石常直接夹于潮下开阔台地相的厚层状泥颗粒岩中, 可能是瞬时性地壳快速上升的产物。

泥炭坪相: 在潮间带上部到潮上带, 有成煤的泥炭坪发育, 生态上与现代的红树类似的适盐性植物在其上繁殖生长、死亡后形成泥炭堆积。合山组煤层就是在这种环境中形成的。煤层结构复杂、高灰、高硫, Sr/Ba 值大于 1 (张鹏飞等, 1983), 煤层顶底板为纹层状藻屑泥质颗粒岩和燧石, 夹矸常为含腕足和软体动物化石及化石碎屑的炭质泥岩, 偶而也有纹层状藻屑泥质颗粒岩夹矸, 煤层本身水平纹层也很发育。上述特征说明煤层的形成与海水影响有关。现代红树类植物一般都生长在潮间带和潮上带, 海南岛的红树林则多发育于潮间带, 与此类似, 合山组煤层亦主要形成于潮间带。但在合山组三煤层上分层上部炭质页岩中发现的根座 (*Stigmara sp.*) 和鳞木 (*Lepidodendron sp.*) 化石 (董家国, 1984) 则是陆生植物的代表, 它说明泥炭坪发育后期曾脱离海水达到潮上淡水环境。

(五) 滨海泻湖相

这里的泻湖是指海侵初期所形成的一些比较闭塞的滨海低凹地带。沉积物主要是化石风化石壳上发育起来的铝土质泥岩, 岩石中含有大量的具放射状构造的黄铁矿结核, 结核大小约 1 厘米, 岩石的化学成分以 Al_2O_3 和 SiO_2 占优势。泻湖相在合山组见于底部及二煤底板, 是海侵初期的产物, 向上很快过渡为潮间相。

三、沉积模式和沉积环境因素的讨论

(一) 沉积模式的讨论

目前, 许多学者已倾向于把浅海碳酸盐岩沉积模式作进一步划分, 如分为台地模式、陆棚模式和缓坡模式等 (Read, 1982; Tucker, 1985)。笔者对合山组所做的分析表明, 合山组生物礁发育的台地边缘属于 Wilson (1974) 所划分的第二种类型, 即: “圆丘礁缓坡” (张鹏飞等, 1987), 图 3 的模式与缓坡模式有一定的类似, 缓坡的存在是以本区台地与盆地之间无明显转折的特征, 只有代表中等到稍强的波浪活动的生物礁, 而礁的规模也不是很大, 并且缺乏明显的礁前塌积角砾岩等, 这些特征是由于当时台地前缘向大海方向倾斜坡度小, 从而阻碍强烈的波浪活动所致。在合山组发育过程中, 尤其是上段含煤层段沉积时期, 局限台地曾一度在研究区占优势, 下部潮间相和泥炭坪相广泛发育, 因此可以说图 3 的模式也具有碳酸盐台地的许多特征。所以该模式应为一具缓坡边缘的碳酸盐台地模式。

(二) 沉积环境因素的讨论

合山组中碳酸盐岩的大量产出, 碳酸盐岩中含有大量的藻类、有孔虫和其它的浅水底栖生物化石及化石碎片, 缺乏蒸发盐沉积, 以及含有数层可采煤层和铝土质泥岩等特征都说明合山组沉积时期研究区为一温暖潮湿气候下的浅水环境。与 Ginsburg (1956) 描述的现代佛罗里达碳酸盐沉积环境比较, 合山组中的潮间相带、开阔台地相带和生物礁相带相当于佛罗里达南部大陆架上深度小于 30 米的浅水环境。合山组沉积时期的水动力条件主要是潮汐作用和中等能量的波浪作用, 偶而也受到风暴浪的影响。

为了进一步说明合山组的形成条件, 我们对合山组碳酸盐岩的不溶残渣和氧、碳稳定同位素组成作了分析, 不溶残渣是用浓度为 8% 的稀盐酸对代表各相带不同微相的 22 个样品进行溶解, 并将不溶组分烘干称重而得出的。分析结果 (表 1) 表明, 潮间相岩石的不溶残渣含量最多, 其次是浅海盆地相, 浅水潮下和生物礁相含量较少, 其中又以生物礁相不溶残

渣含量最低。一般说来,石灰岩的不溶残渣代表着陆源泥质含量的多少,不溶残渣含量的差异反映了不同沉积相带受陆源影响的程度不同,潮间环境由于水体极浅且接近陆地,易接受陆源泥质因而这种环境形成的岩石,其陆源泥质含量就比较多;开阔台地和生物礁环境由于距陆地有一定距离,特别是生物礁常突出于海底,受水流和波浪的冲洗,所以接受的陆源泥质就比较少;至于浅海盆地环境,由于地势低洼,水体较深,不适于生物大量繁殖,因而碳酸盐产量较低,陆源泥质则易搬运至此富集,所以所接受的陆源泥质就相对较多。合山组岩石的陆源泥质含量除潮坪相带距成煤的泥炭坪较近从而显得陆源泥质含量较高外,其它相带,尤其是占主要地位的开阔台地和生物礁相带,陆源泥质含量均较低,这些特征都说明当时沉积区距陆地较远,并且毗邻的古陆应为地形差异不大的准平原。

表1 合山组不同相带碳酸盐岩的酸不溶物含量特征

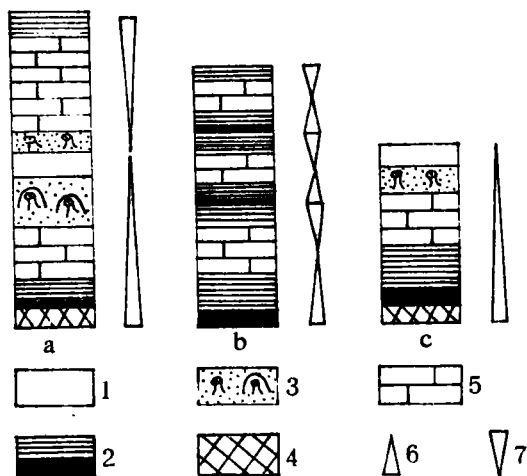
Table 1 The insoluble residue contents in carbonate rocks of Heshan Formation

沉积相带	样品数	最大值(%)	最小值(%)	平均值(%)
潮坪相	7	53.17	2.8	23.52
开阔台地相	8	3.99	0.93	2.68
生物礁相	3	3.38	1.37	2.09
浅海盆地相	4	11.52	6.23	9.75

对合山组 12 个碳酸盐岩样品的氧、碳稳定同位素组成进行了分析, $\delta^{13}\text{C}$ 值在 1.57 和 6.25 范围内变化, $\delta^{18}\text{O}$ 在 -4.22 到 -9.57 之间 (二者均用 PDB 标准)。据此计算出的 Z 值在 126 和 134 之间变化, 这些数值都是海相碳酸盐的特征。我们根据 Keith 和 Weber (1964) 给出的石灰岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值与地质年代的关系, 用二叠纪与第四纪样品的平均 $\delta^{18}\text{O}$ 之差值, 将合山组样品的 $\delta^{18}\text{O}$ 实测数值校正成相当于第四纪样品的同位素值, 然后用其计算出合山组岩石形成时的古温度。进行上述年代效应校正的目的, 是想利用前人提出的公式计算古温度时尽量排除成岩作用的影响。这样做尽管还不能完全反映岩石原来沉积时的情况, 但至少可以说在使用别人用于中生代以后的样品的计算公式时会更接近实际情况。用校正后的 $\delta^{18}\text{O}$ 值计算出的合山组岩石的古温度在 23°C 和 34°C 之间, 说明当时水温比较高。气候比较温暖或水热, 这与合山组中生物化石丰富且含有铝土矿和煤层等温暖潮湿气候标志相一致。

四、合山组环境演化过程及旋回特征

在合山组垂向剖面中从下向上可识别出三种旋回序列 (图 2 和图 3)。其一是合山组下段的古风化面之上的泻湖相铝土质泥岩的潮坪相煤层和纹层状藻屑泥质颗粒岩—开阔台地相生屑泥质颗粒岩—生物礁海绵障积岩和浅海盆地相的生屑颗粒岩—潮坪相泥卷形内碎屑粗砾岩等海侵海退旋回 (图 4a), 反映了合山期早期地壳在遭受长期暴露风化剥蚀之后大幅度沉降及抬升过程; 其二是合山组上段从四煤层底板到二煤底板之间的潮坪相煤层及纹层状藻屑泥质颗粒岩与开阔台地相的球鲕—生物泥质颗粒岩的交替出现的旋回序列 (图 4b), 反映了在地壳缓慢沉降基础上叠加的绝对海平面升降而引起的周期性的海水进退, 主要煤层即形成于这种旋回序列中; 其三是从合山组上段二煤层底板往上直到进入大隆组 (图 4c), 由潮坪相煤层和纹层藻屑泥质颗粒岩经开阔台地相球鲕—生物泥质颗粒岩和生物礁相海绵障积岩到



1.浅海盆地 2.潮坪泥炭坪 3.生物礁 4.滨海泻湖 5.开阔台地 6.海进 7.海退
a——旋回 I； b——旋回 II； c——旋回 III

图 4 合山组的旋回特征

Fig.4 Cyclic sequences of Heshan Formation

浅海盆地相灰泥岩和深水盆地的大隆组火山碎屑岩等组成的旋回序列，代表着地壳重新大幅度沉降和海水连续侵入的过程。

由上述可见，合山组形成过程中，区域沉降作用和海平面变化起了主导作用。

论文完成过程中曾得到王英华教授和李菊英同志的热情帮助，在此谨致谢意。

收稿日期 1989 年 1 月 18 日

参 考 文 献

- (1) 张鹏飞、刘焕杰等，1983，沉积学报，1卷，3期，16—28页。
- (2) 晋慧娟、李菊英，1987，地质科学，1期，61—69页。
- (3) 张鹏飞、邵龙义，1987，中国石炭二叠纪含煤地层及地质学术会议论文集，科学出版社，332—340页。
- (4) 董家国，1984，煤田地质与勘探，1期，封二。
- (5) Keith, M.L., Weber, J.N., 1964, Geochim.Cosmochim. Acta, Vol.28, p.1787—1816.
- (6) Ginsburg, R.N., 1956, AAPG Bull., Vol.40, No.10, p.2384—2427.
- (7) Read, J.F., 1985, AAPG Bull., Vol.69, No.1, p.1—21.
- (8) Tucker, M.E., 1985, In: P.J.Brenchley et al. (eds.), Sedimentology: Recent developments and applied aspects. p.147—169.
- (9) Wilson, J.L., 1974, AAPG Bull., Vol.85, No.5, p.810—824.

FACIES BELTS AND DEPOSITIONAL MODEL OF LATE PERMIAN HESHAN FORMATION IN HESHAN, CENTRAL GUANGXI, SOUTHERN CHINA

Zhang Pengfei Shao Longyi

(Beijing Graduate School of China University of Mining and Technology)

Abstract

The Late Permian Heshan Formation in central Guangxi is well known for its coal-bearing carbonate sequences. It mainly consists of limestones and contains 6 coal seams. Detailed studies in Heshan coalfield reveal that Heshan Formation was formed in the shallow water carbonate platform environments under the warm and humid climate. The following facies belts and microfacies have been recognized in this sequence:

Shallow sea basin facies: (1) Lime mudstone and wackestone with the whole body stenohaline organisms; (2) Bioturbated bioclastic wackestone; (3) Bioclastic packstones (tempestites).

Platform marginal organic reef facies: Sponge bafflestone and bindstone.

Open platform facies: (1) Algal debris packstone with fecal pellets; (2) Foram-bioclastic packstone; (3) Fusulinid-organism packstone; (4) Mottling bioturbated recrystallized limestone and dolomitic limestone.

Tidal flat facies: (1) Laminated algal debris packstone; (2) 'Rip-up' intraclastic rudstone; (3) Chert with siliceous gummy sheaths of blue-green algae and the silicified bioclasts.

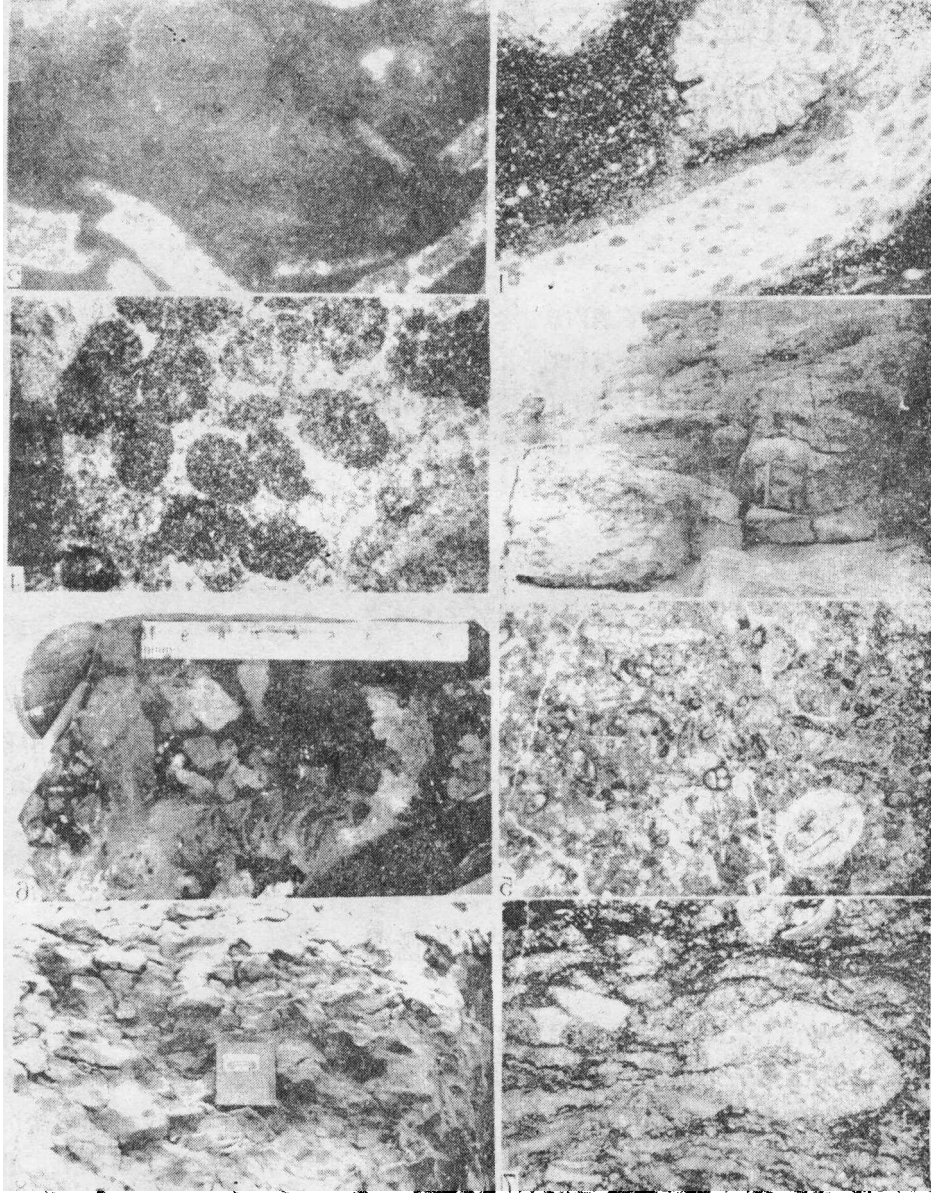
Peat flat facies: This facies is represented by the coal seams and the carbonaceous mudstone.

Coastal lagoon facies: It is the products of the initial transgression and represented by the alumina claystone.

The above facies belts and microfacies are comparable to Wilson's (1957) carbonate platform model. But the marginal area of the platform was a ramp which is characterized by the reef recording middle to stronger wave activity and the gentle slope. Therefore, the depositional model of Heshan Formation can be outlined as the carbonate platform with the ramp margin.

The coal-forming environment is believed to be the peat flat developed on the tidal flat. The coal-forming materials were the mangrove-like plats which could grow in the brackish and sea water in the tide-influenced swamps which were similar to modern intertidal mangrove swamps in the southern Florida shelf in the United States and the Hainan Island in China. These ideas are evidenced by the higher organic sulphur contents in the coal, marine fossils in the claystone and chert partings of the coal seams, and the tidal flat laminated algal debris limestone and cherts underlying and overlying the coal seams.

Vertical distributions of the facies and microfacies suggested the possibilities of the cycle analysis for their depth significance. It is considered that the regional subsidence and the periodic sea level changes played important roles in the forming of the Heshan coal-bearing sequence.



1. 含苔藓虫的颗粒质泥岩, 浅海盆地相, 单偏光, \times , 马滩合山组下段, M28。 2. 瓣鳃碎片泥质颗粒岩 (风暴岩), 圆形斑点为潜穴, 浅海盆地相, 单偏光, $\times 16$, 鹅滩合山组下段, H54。 3. 生物礁外貌, 见多个丘状小礁体叠置成一个较大的礁体, 野外照片, 鹅滩合山组下段, H47。 4. 含粪球粒的藻屑泥质颗粒岩中的粪球粒成堆出现, 开阔台地相, 单偏光, $\times 16$, 马滩合山组下段, M36。 5. 有孔虫—生物碎屑泥质颗粒岩, 开阔台地相, 单偏光, $\times 16$, 马滩合山组下段, M8。 6. 痕斑状生物扰动的含生物残余晶粒石灰岩, 手标本照片, 见生物潜穴, 比例尺以厘米为单位, 鹅滩合山组下段, H83。 7. 纹层状藻屑泥质颗粒岩, 裸松藻碎片, 潮坪相, 单偏光, $\times 20$, 马滩合山组上段, H41。 8. 泥卷形内碎屑粗砾岩, 上部潮间相, 野外照片, 鹅滩合山组下段, H62